

509,630

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年 10 月 23 日 (23.10.2003)

PCT

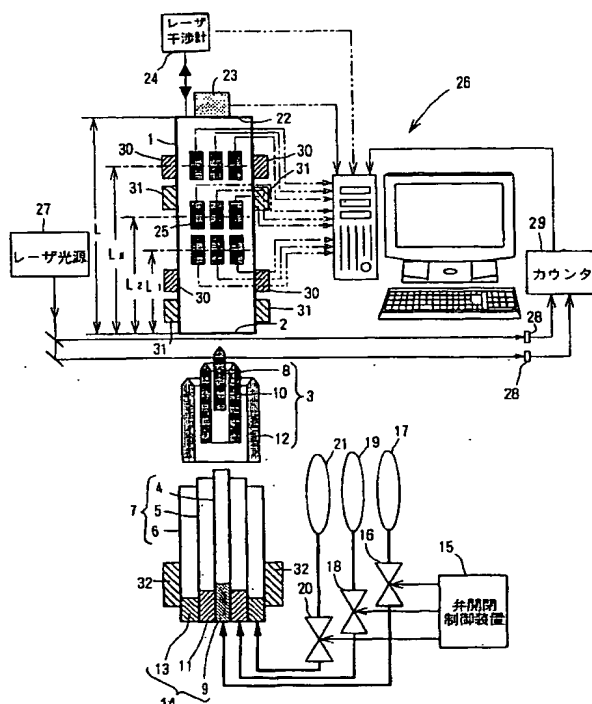
(10) 国際公開番号  
WO 03/087850 A1

- (51) 国際特許分類: G01P 21/00 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 梅田 章 (UMEDA, Akira) [JP/JP]; 〒166-0012 東京都 杉並区 和田 3-3 5-8-1 0 3 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/04132
- (22) 国際出願日: 2003 年 3 月 31 日 (31.03.2003) (74) 代理人: 福田 賢三, 外 (FUKUDA, Kenzo et al.); 〒105-0003 東京都 港区 西新橋一丁目 6 番 1 3 号 柏屋ビル 2 F Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2002-097191 2002 年 3 月 29 日 (29.03.2002) JP (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒100-0013 東京都 千代田区 霞が関一丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP). (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,

[続葉有]

(54) Title: FREQUENCY CHARACTERISTICS MEASURING METHOD AND DEVICE FOR ACCELERATION SENSOR

(54) 発明の名称: 加速度センサの周波数特性測定方法及び装置



27...LASER LIGHT SOURCE  
24...LASER INTERFEROMETER

29...COUNTER  
15...VALVE CONTROL DEVICE

(57) Abstract: A metal bar (1) supported by a metal guide (30) so as to be tiltable at a proper angle is momentarily freed to be kept in a free fall condition, a missile (3) kept at the same angle as that of the metal bar is allowed to impinge to one end surface (2) of the metal bar during the freed period to generate and propagate an elastic wave pulse inside the metal bar, acceleration produced when the elastic wave pulse is reflected off the other end surface (22) of the metal bar is detected by a dc acceleration sensor (23), strain and motion at the end surface are measured by strain gages (25) provided on the side surface and/or by a laser interferometer (24), respective measurements are computed, the frequency response of the dc acceleration sensor is determined, and the frequency characteristics of the dc acceleration sensor are measured.

(57) 要約: 金属丸棒ガイド(30)で任意角度に傾斜可能に金属丸棒(1)を支持し、その支持を一瞬開放して自由落下状態とし、その開放期間中に金属丸棒と同角度の飛翔体(3)を金属丸棒の一端面(2)に衝突させて弾性波パルスを金属丸棒内部に発生、伝播させ、弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面(22)での反射時に発生する加速度を直流加速度センサ(23)で検出し、歪み及び端面の運動を側面に設けた歪ゲージ(25)及び、又はレーザ干渉計(24)で計測し、各計測値を演算し、直流加速度センサの周波数応答を求め、直流加速度センサの周波数特性を測定する。

BEST AVAILABLE COPY

WO 03/087850 A1



AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許  
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),  
OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

## 明 細 書

### 加速度センサの周波数特性測定方法及び装置

#### 技術分野

本発明は、車両衝突時の安全性検査、ロボット、輸送機器、原子力発電関連諸機器、船舶、宇宙航空機器等の加速度の計測が必要不可欠な分野に用いられる加速度センサに関し、特に、地震計、自動車サスペンション、建築構造物の耐地震特性、慣性航法用加速度センサのように、周波特性、重力の影響を評価することが特に重要な直型加速度センサの周波数特性測定方法及びその装置に関する。

#### 背景技術

例えば車両衝突時の安全性検査、ロボット、輸送機器、原子力発電関連諸機器、船舶、宇宙航空機器等の広範な分野で加速度センサが用いられているが、特に、地震計、自動車サスペンション、建築構造物の耐地震特性、慣性航法等に用いられる加速度センサは、加速度の変化分しか検出しない交流型とは異なり、一定値の加速度から検出するいわゆる直流型をなすセンサが用いられている（以下、稱「直流加速度センサ」と称す）。

このような直流加速度センサにおいて、その計測標準の対象となっている加速度センサは、従来は圧電型加速度センサである。しかしながら、圧電型加速度センサは交流加速度しか検出しない加速度センサ（以下、「交流加速度センサ」と称す）であり、地震計などの直流加速度から検出する加速度センサを衝撃加速度で校正する装置は未だ開発されていなかった。

従来、加速度センサを一軸振動台に設置し、振動台の運動をレーザ干渉計で測定する手法が最も信頼性の高い手法とみなされ、一次標準として用いられてきた。衝撃加速度を発生させる手法としては、単純な発射管から金属製飛翔体を発射させて棒端面に衝突させ、棒内部に発生させた弾性波パルスが加速度センサを取り付けたもう一方の棒端面での反射の際に発生する衝撃加速度で加速度センサの周波数特性を評価する手法が提案されている。

上記のような飛翔体を棒端面に衝突させる手法では、棒内に発生させる弾性波の継続時間を制御できないことから、発生させる衝撃加速度の継続時間が短かすぎたり、周波数帯域が広すぎるという欠点があった。

また、直流加速度センサは、重力の影響を受けるため、直流分として印加されている加速度が周波数特性に及ぼす影響を明確にすることが従来はできなかった。即ち、地震計のように重力加速度が直流分として印加される直流加速度センサについては、設置場所や、地盤の傾斜が特性にどのように影響しているかを調べる必要があるにもかかわらず、その要求を満足する技術がなかった。

更に、直流加速度計の校正に際して、振動台に直流加速度計を取付け、この振動台で低衝撃加速度を発生させることは可能であるが、垂直方向に低衝撃加速度を発生させても、横方向に発生してしまう加速度を抑制することがきわめて困難である。

また、金属棒に飛翔体を衝突させる前記の手法では、単に金属棒に弾性波パルスが発生させるのみであるので、発生する衝撃加速度の周波数帯域を制御することができなかった。

本発明は、上記に鑑みなされたもので、その目的は、衝撃加速度波形、周波数帯域を自由に制御することができるようにし、直流加速度を検出する直流加速度センサの周波数特性を重力加速度の影響の評価を含めて、正確に且つ容易に計測し評価することができる直流加速度センサの周波数特性計測方法、及びその方法を実施する装置を提供することにある。

この発明の他の目的は、校正する加速度センサに対して与える加速度波形を、その継続時間、ピーク値、波形、波形のスペクトルなどを容易に制御して衝撃加速度を発生して加速度センサを校正する方法、及び校正する装置を提供することにある。

本発明は上記課題を下記に述べるような基本思想によって解決を図ろうとするものである。即ち、弾性波パルスが伝播する金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に設置する。金属丸棒内部を伝播する弾性波パルスが端面で反射する過程で加速度が発生する。

その際、弾性波パルス波形に影響を及ぼさないようにするために、パルスの往

復時間という非常に短い時間（10ms 以下）だけ金属丸棒の把持機能を無効にする。棒の慣性により短時間だけ把持を無効にしても、金属丸棒の落下距離は殆ど無視することが可能である。

特定の周波数における直流加速度センサの動的特性（ゲイン特性、位相特性）については、データの収集方法と信号処理で対応する。

重力加速度の違いが直流加速度センサの周波数特性に及ぼす影響は、同軸上に配置した弾性波パルスが伝播する金属丸棒と飛翔体の発射管を傾斜させることによって求められる。

また、直流加速度センサ取り付け台の傾斜が直流型加速度センサの周波数特性に及ぼす影響は、金属丸棒を傾斜した時の周波数特性と、傾斜していない時の周波数特性を比較することで、求められる。

更に、金属丸棒内部に発生する弾性波の周波数帯域を制御するためには、飛翔体の発射管を多重にする。弾性波であることから重ね合わせの原理が成り立つので、飛翔体発射のタイミングを制御することにより、弾性波パルスの継続時間を制御することにより、発生加速度の周波数帯域の制御が可能になる。

上記のような基本思想は、下記に述べる本発明の具体的な方法及び装置を採用することにより、実施することが可能となる。

この発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定方法は、金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、飛翔体を金属丸棒の一端面に衝突させて弾性波パルスを金属丸棒内部に伝播させ、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときが発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサで検出し、前記金属丸棒の他端面で反射するときが発生する加速度による金属丸棒の歪みを金属丸棒の側面に設けた歪ゲージで計測し、前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、該直流加速度センサの周波数応答を求めることから成る。

また、この発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定方法は、金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、飛翔体を金属丸棒の一端面に衝突させて弾性波パルスを金属丸棒内部に伝播させ、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときが発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加

速度センサで検出し、前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動速度を光学測定器で計測し、前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、該直流加速度センサの周波数応答を求めることから成る。

また、この発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定方法は、金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に対して所定角度傾斜させて支持し、飛翔体を金属丸棒の一端面に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させ、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサで検出し、前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の歪みを金属丸棒の側面に設けた歪ゲージで計測し、前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、重力加速度が該直流加速度センサに影響を与える状況で該直流加速度センサの周波数応答を求め、上記の歪ゲージの信号により求めた直流加速度センサの周波数応答のデータと前記周波数応答のデータを比較することにより、該直流加速度センサの周波数応答における重力加速度に対する特性を求めることから成る。

また、本発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定方法は、金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に対して所定角度傾斜させて支持し、飛翔体を金属丸棒の一端面に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させ、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサで検出し、前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動速度を光学測定器で計測し、前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、重力加速度が該直流加速度センサに影響を与える状況で該直流加速度センサの周波数応答を求め、上記の光学測定器の信号により求めた直流加速度センサの周波数応答のデータと前記周波数応答のデータを比較することにより、該直流加速度センサの周波数応答における重力加速度に対する特性を求めることから成る。

また、本発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定方法は、金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、前記金属丸棒の支持を開放して自由落下状態とし、前記金属丸棒の支持の開放期間中に飛翔体を金属丸棒の一端面に

衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させ、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサで検出し、前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の歪みを金属丸棒の側面に設けた歪ゲージで計測し、前記計測直後に前記金属丸棒の支持を行い、前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、該直流加速度センサの周波数応答を求めることから成る。

また、本発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定方法は、金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、前記金属丸棒の支持を開放して自由落下状態とし、前記金属丸棒の支持の開放期間中に飛翔体を金属丸棒の一端面に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させ、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサで検出し、前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動を光学測定器で計測し、前記計測直後に前記金属丸棒の支持を行い、前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、該直流加速度センサの周波数応答を求めることから成る。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定方法において、金属丸棒の一端面に飛翔体を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスを発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を直流加速度センサで検出すると共に金属丸棒側面に設けた歪ゲージで計測し、前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理演算を行い、前記各信号処理演算を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲインー周波数特性、位相ー周波数特性、及びピーク感度を測定することを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定方法において、金属丸棒の一端面に飛翔体を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスを発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設け

た直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を直流加速度センサで検出すると共に金属丸棒側面に設けた歪ゲージで計測し、前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理演算を行うと共に、前記歪ゲージの出力信号に対して弾性波理論に基づく誤差補正を行い、前記各信号処理演算及び誤差補正を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン一周波数特性、位相一周波数特性、及びピーク感度を測定することを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定方法において、金属丸棒の一端面に飛翔体を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスを発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を直流加速度センサで検出すると共に直接光学測定器で計測し、前記直流加速度センサの出力信号と前記光学測定器の出力信号に対して信号処理演算を行い、前記各信号処理演算を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン一周波数特性、位相一周波数特性、及びピーク感度を測定することを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定方法において、金属丸棒の一端面に飛翔体を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスを発生させ、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を直流加速度センサで検出すると共に金属丸棒側面に設けた歪ゲージで計測し、前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理演算を行うと共に、前記歪ゲージの出力信号に対して弾性波理論に基づく誤差補正を行い、前記歪ゲージにより求めた歪ゲージの動特性に関する補正関数を用いてゲージによる測定結果を補正し、前記各信号処理演算及び誤差補正並びに測定結果の補正を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出



機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲインー周波数特性、位相ー周波数特性、及びピーク感度を測定することを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定方法において、前記金属丸棒側面に設けた歪ゲージは、金属丸棒の端面から異なる距離に設けられた複数個の歪ゲージまたは、金属丸棒の端面から等しい距離の円周上に設けた複数の歪ゲージから成ることを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定方法において、前記金属丸棒の一端面に衝突させる飛翔体は、同心円状の多重の発射管を備えた発射装置から発射する同心円状の複数の飛翔体であり、前記発射装置は、各飛翔体を独立して各々の発射時期を精密に制御して発射することを含む。

また、本発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定装置は、金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持する金属丸棒支持装置と、飛翔体を金属丸棒の一端面に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させる飛翔体発射装置と、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサと、前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の歪みを計測する金属丸棒の側面に設けた歪ゲージと、前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、該直流加速度センサの周波数応答を演算する演算装置とを備えたことから成る。

また、本発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定装置は、金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持する金属丸棒支持装置と、飛翔体を金属丸棒の一端面に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させる飛翔体発射装置と、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサと、前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動速度を計測する光学測定器と、前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、該直流加速度センサの周波数応答を演算する演算装置とを備えたことから成る。

また、本発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定装置は、金属丸棒の中

心軸を重力加速度方向に対して所定角度傾斜させて支持する金属丸棒支持装置と、飛翔体を金属丸棒の一端面に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させる飛翔体発射装置と、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときが発生する加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサと、前記金属丸棒の他端面で反射するときが発生する加速度による金属丸棒の歪みを計測する金属丸棒の側面に設けた歪ゲージと、前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、重力加速度が該直流加速度センサに影響を与えた該直流加速度センサの周波数応答を求め、上記歪ゲージの信号の演算により求めた直流加速度センサの周波数応答のデータと前記周波数応答のデータを比較することにより、該直流加速度センサの周波数応答における重力加速度に対する特性を演算する演算装置とを備えたことから成る。

また、本発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定装置は、金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に対して所定角度傾斜させて支持する金属丸棒支持装置と、飛翔体を金属丸棒の一端面に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させる飛翔体発射装置と、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときが発生する加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサと、前記金属丸棒の他端面で反射するときが発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動速度を計測する光学測定器と、前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、重力加速度が該直流加速度センサに影響を与えた該直流加速度センサの周波数応答を求め、上記光学測定器の信号の演算により求めた直流加速度センサの周波数応答のデータと前記周波数応答のデータを比較することにより、該直流加速度センサの周波数応答における重力加速度に対する特性を演算する演算装置とを備えたことから成る。

また、本発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定装置は、金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、一旦前記金属丸棒の支持を開放して自由落下状態とし、その所定時間後に再び支持する金属丸棒支持装置と、前記金属丸棒の支持の開放期間中に、飛翔体を金属丸棒の一端面に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させる飛翔体発射装置と、前記金属丸棒の支持の開放期間中に、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときが発生する

加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサと、前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の歪みを計測する金属丸棒の側面に設けた歪ゲージと、前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、該直流加速度センサの周波数応答を演算する演算装置とを備えたことから成る。

また、本発明に依る直流加速度センサの周波数特性測定装置は、金属丸棒の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、一旦前記金属丸棒の支持を開放して自由落下状態とし、その所定時間後に再び支持する金属丸棒支持装置と、前記金属丸棒の支持の開放期間中に、飛翔体を金属丸棒の一端面に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させる飛翔体発射装置と、前記金属丸棒の支持の開放期間中に、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサと、前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動を計測する光学測定器と、前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、該直流加速度センサの周波数応答を演算する演算装置とを備えたことから成る。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定装置において、金属丸棒の一端面に飛翔体を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスを発生させる飛翔体発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を検出する直流加速度センサと、前記入力信号を検出する金属丸棒側面に設けた歪ゲージと、前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理演算を行い、前記各信号処理演算を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン—周波数特性、位相—周波数特性、及びピーク感度を測定する演算装置とを備えたことを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定装置において、金属丸棒の一端面に飛翔体を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスを発生させる飛翔体発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端

面で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を検出する直流加速度センサと、前記入力信号を検出する金属丸棒側面に設けた歪ゲージと、前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理演算を行うと共に、前記歪ゲージの出力信号に対して弾性波理論に基づく誤差補正を行い、前記各信号処理演算及び誤差補正を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン—周波数特性、位相—周波数特性、及びピーク感度を測定する演算装置とを備えたことを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定装置において、金属丸棒の一端面に飛翔体を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスが発生させる飛翔体発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を検出する直流加速度センサと、前記入力信号を直接検出するに光学測定器と、前記直流加速度センサの出力信号と前記光学測定器の出力信号に対して信号処理演算を行い、前記各信号処理演算を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン—周波数特性、位相—周波数特性、及びピーク感度を測定する演算装置とを備えたことを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定装置において、金属丸棒の一端面に飛翔体を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスが発生させる飛翔体発射装置と、前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を検出する直流加速度センサと、前記入力信号を検出する金属丸棒側面に設けた歪ゲージと、前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理演算を行うと共に、前記歪ゲージの出力信号に対して弾性波理論に基づく誤差補正を行い、前記光学測定器により求めた歪ゲージの動特性

に関する補正関数を用いてゲージによる測定結果を補正し、前記各信号処理演算及び誤差補正並びに測定結果の補正を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン一周波数特性、位相一周波数特性及びピーク感度を測定する演算装置とを備えたことを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定装置において、前記金属丸棒側面に設けた歪ゲージは、金属丸棒の端面から異なる距離に設けられた複数の歪ゲージ、または、金属丸棒の端面から等しい距離の円周上に設けられた複数の歪ゲージから成ることを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定装置において、前記金属丸棒の一端面に衝突させる飛翔体は、同心円状の多重の発射管を備えた発射装置から発射する同心円状の複数の飛翔体であり、前記発射装置は、各飛翔体を独立して各々の発射時期を精密に制御して発射することを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定装置において、前記発射装置において飛翔体を発射する発射管は、飛翔体との接触面に摩擦低減用表面処理を施したことを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定装置において、前記直流加速度センサの周波数特性測定装置は、前記直流加速度センサの低ピーク狭周波数帯域衝撃加速度による周波数特性を測定するものであることを含む。

また、上記直流加速度センサの周波数特性測定装置において、前記光学測定器はレーザ干渉計であることを含む。

また、上記加速度センサの周波数測定装置において、前記金属丸棒端面に金属球を接触させ、前記発射装置は前記多重の発射管から同心円上の複数の飛翔体を、該金属球に対して発射時期を精密に制御して発射させ、金属丸棒内部に弾性波パルスが発生させることを含む。

また、上記加速度センサの周波数測定装置において、前記飛翔体が異なる材料の積層構造をもち、該積層構造をもつ飛翔体の衝突により金属丸棒内に発生する弾性波パルスの周波数帯域を制御することを含む。

また、上記加速度センサの周波数測定装置において、前記金属丸棒中の弾性波

伝播の理論によって、歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡歪信号を求める際に、級数に展開されたスカラクの解析解の少なくとも1次の項を用いるか、または、スカラクの解析解の高次の項迄を用いることを含む。

また、上記加速度センサの周波数測定装置において、上記発射装置から発射時期を精密に制御して発射される複数の飛翔体により創製される入力加速度波形と周波数帯域によって、直流加速度センサのピーク感度を決定することを含む。

本発明は、上記のように、重力加速方向に対して一致或いは所定の角度で支持された金属棒の端面に飛翔体を衝突させて金属棒内に弾性波パルスが発生させ、金属棒の他端面での運動加速度を加速度センサで計測し、前記他端面の運動をレーザー干渉計或いは歪ゲージで計測し、計測信号を演算、補正し、その演算結果と加速度センサの計測値と、により加速度センサの周波数応答を求めるようにしたので、衝撃加速度波形、周波数帯域を自由に制御することができ、直流加速度を検出する直流加速度センサの周波数特性を重力加速度の影響の評価を含めて、正確に且つ用に計測し評価することができる。また校正する直流加速度センサに対して与える加速度波形を、その継続時間、ピーク値、波形、波形のスペクトルなどを容易に制御して衝撃加速度が発生して直流加速度センサを校正することができる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の加速度センサの周波数特性測定方法を実施するための装置の概要を示す構成図である。

第2図は、本発明に用いる飛翔体の組合わせの一例を示す説明図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

第1図は、発明の加速度センサの周波数特性測定方法を実施するための装置の一実施例を示し、金属丸棒1を非接触式金属丸棒ガイド30によって所定の角度に傾斜した状態に設定することができるようにしており、金属丸棒1を図示実施例では垂直になるように設定している。この所定の傾斜状態で金属丸棒1は金属丸棒支持装置31によって把持固定し、極めて短時間この把持状態を解除し、直

ちに把持することができるようになっている。金属丸棒 1 の第 1 端面 2 には後述するような飛翔体 3 を衝突させて衝撃を加え、内部に弾性波パルスを発生させるものであり、その際、 $n$  ( $n=1\cdots N$ 、最内側を 1、最外側を  $N$ ) 重になっており、図示実施例では中心発射管 4、中間発射管 5、外側発射管 6 の 3 重の多重発射管 7 を用い、この多重発射管 7 から  $n$  ( $n=1\cdots N$ 、最内側を 1、最外側を  $N$ ) 個の多重の飛翔体 3 を発射させる。

図示実施例では中心発射管 4 の内部から略円筒状の第 1 飛翔体 8 を第 1 発射装置 9 により、また中心発射管 4 と中間発射管 5 との間の環状空間から環状の第 2 飛翔体 10 を第 2 発射装置 11 により、更に中間発射管 5 と外側発射管 6 との間の環状空間から環状の第 3 飛翔体 12 を第 3 発射装置 13 により各々独立して発射できるようにしている。この発射の状態はレーザ光源 27 からのレーザを金属丸棒 1 の前方において、2 本間隔を設けて照射し、このレーザ光を遮る状態を受光素子 28、28 で検出し、その時間差をカウンタ 29 によって計測し、そのデータをパソコン 26 に入力して検出することができる。この発射装置 14 は発射管傾斜支持装置 32 によって前記非接触式金属丸棒ガイド 30 で設定する傾斜角度と同一の角度に傾斜させる。

発射装置 14 からの上記各飛翔体の発射に際しては、弁開閉制御装置 15 により第 1 弁 16 を解放し、第 1 高圧空気源 17 からの高圧空気を第 1 発射装置 9 に供給することにより、中心発射管 4 内の第 1 飛翔体 8 を金属丸棒 1 の第 1 端面 2 に向けて発射させる。第 1 飛翔体 8 が金属丸棒 1 の第 1 端面 2 に衝突すると、金属丸棒 1 内には衝撃加速度の波形が発生して金属丸棒 1 内を伝播する。

また、弁開閉制御装置 15 により前記第 1 弁 16 の解放後の所定時間  $\alpha 1$  の後に第 2 弁 18 を解放し、第 2 高圧空気源 19 からの高圧空気を第 2 発射装置 11 に供給することにより、中心発射管 4 と中間発射管 5 との間に配置した環状の第 2 飛翔体 10 を金属丸棒 1 の第 1 端面 2 に向けて発射させる。第 2 飛翔体 10 が金属丸棒 1 の第 1 端面 2 に衝突すると、金属丸棒 1 内には衝撃加速度の波形が前記第 1 飛翔体 8 の衝突による波形の発生に対して  $\alpha 1$  の時間遅れで発生し金属丸棒 1 内を伝播する。

同様に、弁開閉制御装置 15 により前記第 1 弁 16 の解放後の所定時間  $\alpha 2$

の後に第3弁20を解放し、第3高圧空気源21からの高圧空気を第3発射装置13に供給することにより、中間発射管5と外側発射管6との間に配置した環状の第3飛翔体12を金属丸棒1の第1端面2に向けて発射させる。第3飛翔体12が金属丸棒1の第1端面2に衝突すると、金属丸棒1内には衝撃加速度の波形が前記第1飛翔体8の衝突による波形の発生に対して $\alpha$ 2の時間遅れで発生し金属丸棒1内を伝播する。

このようにして金属丸棒1内に発生した各衝撃加速度の波形により、金属丸棒1内にはこれらの合成衝撃加速度の波形が生じることとなり、この波形が金属丸棒1の第2端面22に対して伝播する。このように、飛翔体を複数用い、各飛翔体の発射時期を任意に設定することにより、重ね合わせの原理により全体として所定の継続時間の衝撃加速度波形を発生することが可能となる。

なお、図示実施例においては3重の発射管を用い、第2図に示したように3個の飛翔体8、10、12を用いた例を示したが、本発明は2個の飛翔体から更に多くの $n$ 個の飛翔体を、前記と同様の態様で使用する事ができる。これらの発射管4、5、6の各飛翔体8、10、12との接触面、または各飛翔体の外周面には潤滑処理、或いは低摩擦係数化する表面処理層を設けることが好ましい。

個々の飛翔体の発射により金属丸棒1内部に発生する弾性波パルスの周波数帯域を狭くするために、飛翔体先端部に高分子材料、プラスチック、木材などを取り付けても良い。その際には、飛翔体本体部が金属、高分子材料、あるいはプラスチック、木材など異なる材料との積層構造をもつような多重飛翔体を用いても良い。

上記のような金属丸棒1の第1端面2において発生した弾性波パルスは、金属丸棒1内部を伝播してもう一方の第2端面22に到達して反射する。反射の過程で発生する端面に垂直な方向の衝撃加速度が、その端面に取り付けた校正対象である加速度センサ23への入力となる。また、衝撃加速度の精密な測定は歪ゲージ25、または端面22にレーザ光を照射するレーザ干渉計24により、更には必要に応じて両方を用いることにより測定し、加速度センサ23の計測値と比較を行う。

発生する衝撃加速度の検出に際して棒側面に貼り付けた歪ゲージ25を用いる



際には、歪ゲージ 25 を単体で実施することができるが、金属丸棒の軸線方向に  
一列に複数配置しても良く、この列を更に複数列配置しても良い。第 1 図に示す  
例においては第 1 端面 2 から 1 列に  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_N$  ずつ離れて  $N$  個配置し、これ  
を 3 列配置した例を示している。

複数個の歪ゲージを用いる際には、各ゲージの出力信号を演算装置としてのパ  
ソコン 26 に入れ、これを信号処理して代表位置でのゲージ出力の周波数特性を  
求め、予め求めておいた補正関数を用いてレーザ干渉計 24 で計測した結果と同等  
の結果が得られるようにする。なお、上記実施例においては、レーザ干渉計 24  
と歪ゲージ 25 を用いた例を示しているが、いずれか片方のみでも本発明を実  
施することができる。

上記のような構成からなる加速度センサの校正評価装置を用い、実際に校正評  
価を行う際には、下記のような理論によって正確な校正評価を行うことができる。  
即ち、本発明においては、中心軸を重力加速度方向に設定した丸棒あるいは垂直  
方向からある角度傾斜させて設定し丸棒（以下単に丸棒と記述する）の端面に飛  
翔体を衝突させて衝撃を加え内部に弾性波パルスが発生させる。その際、多重発  
射管  $n$  ( $n = 1 \cdots N$ 、最内側を 1、最外側を  $N$ ) から多重の飛翔体  $n$  ( $n = 1 \cdots$   
 $N$ 、最内側を 1、最外側を  $N$ ) を発射させるが、飛翔体 1 に対して飛翔体 2、 $\cdots$ 、  
飛翔体  $N$  の発射タイミングをずらすことにより、重ね合わせの原理により全体と  
しての弾性波パルスの継続時間を長くする。その際、飛翔体  $n$  ( $n = 1 \cdots N$ ) と  
多重発射管  $n$  ( $n = 1 \cdots N$ ) との接触面には潤滑処理を施す。

個々の飛翔体の発射により棒内部に発生する弾性波パルスの周波数帯域を狭く  
するために、飛翔体先端部に高分子材料、プラスチック、木材などを取りつ  
ける。あるいは、飛翔体本体部が金属、高分子材料、あるいはプラスチック、  
木材など異なる材料との積層構造を持つような多重飛翔体を用いる。

弾性波パルスは棒内部を伝播してもう一方の断面に到達して反射する。反射の  
過程で発生する端面に垂直な方向の衝撃加速度が、その端面に取りつけた加速度  
センサへの入力となる。

発生する衝撃加速度の検出は、レーザ干渉計または、棒側面の複数箇所（軸方  
向に一箇所の場合も含む。）に貼りつけた歪ゲージで行う。レーザ干渉計で測定

する場合には、校正対象である加速度センサがとりつけられている棒端面に直接レーザを照射する。

また、歪ゲージで測定する場合には、複数個のゲージの出力結果を信号処理し、ある代表位置での歪ゲージの値に換算することによってノイズを抑制すると同時に、その代表位置でのゲージ出力の周波数特性に対して、レーザ干渉計で事前に求めておいた補正関数を施してレーザ干渉計で計測した結果と同等の結果が得られるようにする。

上記において、直径に比較して十分長い丸棒の端面に飛翔体を衝突させることにより衝撃を加えると丸棒の内部に弾性波パルスが発生して伝播するが、端面に到達し反射する過程で、縦波弾性波の伝播速度（C）、入射弾性波パルスのひずみ速度

【数 1】

$$\dot{\varepsilon}(t)$$

の積の 2 倍の加速度

【数 2】

$$a(t) = 2C\dot{\varepsilon}(t)$$

で棒端面は運動する。多重発射管  $n$  ( $n = 1 \cdots N$ ) の場合には、発射管  $n$  によって発生する入射弾性波パルスのひずみを  $\varepsilon_n$  とすると、弾性波には重ね合わせの原理が成立するので次式が成立する。 $\dot{\phantom{x}}$  は、時間に関する微分を表す。

【数 3】

$$a(t) = 2C \sum_{n=1}^N \dot{\varepsilon}_n(t)$$

(1)

実際には、ひずみゲージを丸棒端面と棒側面の境界に貼ることは不可能なので、丸棒の衝撃端面から、 $L_n$  ( $n = 1 \cdots N$ ) だけ離れた位置に貼られていると仮定

する。また、棒の軸方向の複数位置に貼り付けたゲージの代表位置を $L_1$ とする。この場合、各 $L_n$  ( $n=1\cdots N$ ) の位置において、加速度センサを取りつけた端面への入射波と、反射波は分離して観察されなければならない。

さて、弾性波の伝播理論から衝撃端面から十分離れた丸棒断面での弾性波パルスのひずみは平面波となるため、衝撃端面からの距離 $z$ と時間 $t$  ( $t=0$ で飛翔体の衝突が始まるとする) で解析的に表すことが可能である。そこで、平面波としての丸棒内部のひずみ ( $\varepsilon(z, t)$ ) を次式で表すことにする。

【数4】

$$\varepsilon(z, t) = F(z, t)$$

(2)

但し、 $F(z, t)$  は次のように表される。(級数解の第一項の場合でスカラク (Skalak) の解)

【数5】

$$F(z, t) = \varepsilon_t(t, z) - \varepsilon_t\left(t - \frac{2l_p}{C_p}, z\right)$$

(3)

ただしここで、

$t$  : 時刻

$l_p$  : 飛翔体の長さ

$C_p$  : 飛翔体の中の縦波弾性波の伝播速度

$\varepsilon_t(t, z)$  : スカラクの解析解の一次項

【数6】

$$\varepsilon_t(t, z) = \frac{V_1}{\pi C_a} \left[ \int_0^\infty \frac{\sin(\alpha_1 \eta + \eta^3/3)}{\eta} d\eta + \int_0^\infty \frac{\sin(\alpha_2 \eta + \eta^3/3)}{\eta} d\eta \right] \quad (4)$$

【数7】

$$\alpha_1 = \frac{Z - C_a t}{\left[ \frac{3}{16} \nu^2 D_a^2 C_a t \right]^{\frac{1}{3}}}$$

(5)

【数8】

$$\alpha_2 = \frac{-Z - C_a t}{\left[ \frac{3}{16} \nu^2 D_a^2 C_a t \right]^{\frac{1}{3}}}$$

(6)

ただしここで、

 $V_1$  : 飛翔体の衝突速度 $t$  : 衝突後の経過時間 $\nu$  : ポアソン比 $D_a$  : 金属丸棒の直径 $z$  : 金属丸棒の軸方向の座標

次に、多数の歪ゲージを用いて感度と耐雑音性を上げるために、以下の手順を取る。位置  $L_n$  ( $n = 1 \dots N$ ) における複数個のゲージ出力の断面での平均値を、( $t = 0$  は衝突開始時間) とする。波動伝播に時間がかかり、位置  $L_n$  ( $n = 1 \dots N$ ) における歪ゲージの出力信号は同相ではないので、以下の手順により (3) 式を用いて代表位置  $L_1$  に貼ってあるゲージの出力と等価な出力に変換することができる。

【数 9】

$$\varepsilon_n^e(t) = L^{-1} \left[ L[\varepsilon_{Ln}(t)] \frac{L[F(L_1, t - \frac{(L_n - L_1)}{C})]}{L[F(L_n, t)]} \right] \quad (n=2 \cdots N) \quad (7)$$

ここで、

【数 10】

 $L, L^{-1}$ 

は、ラプラス演算子、逆ラプラス演算子である。したがって、代表位置における弾性波パルスのひずみ  $\varepsilon_r(L_1, t)$  は以下の式で表される。

【数 11】

$$\varepsilon_r(L_1, t) = \frac{1}{N} \left[ \varepsilon_{L1}(L_1, t) + \sum_{n=2}^N \varepsilon_n^e(t) \right] \quad (8)$$

このように、複数の歪ゲージを用い出力信号の加算平均を計算することにより、ノイズの影響を減らし微小動的ひずみの計測すなわち低ピーク加速度の計測が可能になる。

歪ゲージの代表位置から加速度センサ取り付け端面までの弾性波パルスの伝播による弾性波動の分散、減衰などは考慮しないときには、複数個の歪ゲージの代表位置から加速度センサ取り付け端面までの距離は、 $L - L_1$  であるから、 $\varepsilon_r(L_1, t)$  を用いると加速度センサ取り付け端面に発生する加速度  $a(t)$  は次式で表される。

【数 12】

$$a(t) = 2C \dot{\varepsilon}_r(L_1, t - \frac{L - L_1}{C}) \quad (9)$$

ゲージの周波数応答も無視する場合には、上記 (9) 式に示される加速度セン

サへの入力信号と加速度センサの出力信号 ( $a_{out}(t)$ ) を周波数領域で比較すると、次の (10) 式で示す加速度センサの周波数特性を求めることができる。

【数 13】

$$\frac{L[a_{out}(t)]}{2Cj\omega L[\varepsilon_r(L_1, t - \frac{L-L_1}{C})]} \quad (10)$$

また、弾性波理論に基づいて歪ゲージ出力に誤差補正を行うときには、前記 (9) 式で求められた代表位置における歪ゲージ出力信号に対して前記 (3) 式を適用して加速度センサ取り付け端面に入射する弾性波パルスのひずみ

【数 14】

$$\varepsilon_{riT}(t)$$

を求める。そのためには、次式を用いる。

【数 15】

$$\frac{L[\varepsilon_{riT}(t)]}{L[\varepsilon_r(t)]} = \frac{L[F(L, t)]}{L[F(L_1, t)]} \quad (11)$$

前記 (11) 式より端面の運動加速度が求まるので、次式にしたがって加速度センサの周波数応答が求まる。

【数 16】

$$\frac{L[a_{out}(t)]}{2Cj\omega L[\varepsilon_{riT}(t)]} \quad (12)$$

また、レーザ干渉計を用いる際には、レーザ干渉計で加速度センサを取り付けた棒端面の運動速度 ( $v_{iL}(t)$ ) が測定でき、次の (13) 式より加速度センサの周波数応答は求められる。

【数 17】

$$\frac{L\left[\frac{a_{out}(t)}{dt}\right]}{L\left[\frac{dv_{iL}(t)}{dt}\right]} = \frac{L[a_{out}(t)]}{j\omega L[v_{iL}(t)]}$$

(13)

また、歪ゲージを用いると共にレーザ干渉計により求めた歪ゲージの動特性に関する補正関数を用いてゲージによる測定結果を補正する際には、干渉計で計測した棒端面の運動速度 ( $v_L(t)$ ) と端面に入射する弾性波パルスのひずみ ( $\varepsilon_{iL}(t)$ ) との間には、次式が成立することを利用する。

【数 18】

$$v_L(t) = 2C \varepsilon_{iL}(t)$$

(14)

前記 (14) 式から求められる入射弾性波パルスのひずみ ( $\varepsilon_{iL}(t)$ ) と代表位置におけるひずみ信号を周波数領域で比較して求められる次の (15) 式の補正関数 ( $G_{CL}(j\omega)$ ) を、前記 (10) 式にかけることによって加速度センサの伝達関数が求められる。

【数 19】

$$G_{CL}(j\omega) = \frac{L\left[\varepsilon_r(L_1, t - \frac{L-L_1}{C})\right]}{L[\varepsilon_{iL}(t)]}$$

(15)

#### 産業上の利用可能性

本発明は、上記のように、重力加速方向に対して一致或いは所定の角度で支持された金属棒の端面に飛翔体を衝突させて金属棒内に弾性波パルスが発生させ、金属棒野田の端面での運動加速度を加速度センサで計測し、前記他端面の運動をレーザ干渉計或いは歪ゲージで計測し、計測信号を演算、補正し、その演算結果と加速度センサの計測値とにより、加速度センサの周波数応答を求めるようにし

たので、衝撃加速度波形、周波数帯域を自由に制御することができ、直流加速度を検出する直流加速度センサの周波数特性を重力加速度の影響の評価を含めて、正確に且つ容易に計測し評価することができる。また校正する直流加速度センサに対して与える加速度波形を、その継続時間、ピーク値、波形、波形のスペクトルなどを容易に制御して衝撃加速度を発生して直流加速度センサを校正することができる。

また、低衝撃加速度により、直流加速度センサの衝撃加速度に対するピーク感度を求めることができ、重力加速度値が直流加速度センサのピーク感度にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることが可能になる。更に重力加速度値が直流加速度センサ、あるいは同様のサーボ型加速度センサの周波数特性にどのように影響するかを、高精度で求めることができる。

また、直流加速度センサ、あるいは同様のサーボ型加速度センサの取り付けの傾斜が、衝撃加速度に対するピーク感度にどのように影響するかを明らかにすることができ、直流加速度センサ、或いは同様のサーボ型加速度センサの取り付けの傾斜が、周波数特性にどのように影響するかを、高精度で求めることができるようになる。

更に、直流加速度センサ、あるいは同様のサーボ型加速度センサの計測標準を確立することができ、歪ゲージで計測できることから、金属丸棒をトランスファ一媒体とすることで、特に二次標準に有用となる。

また、発生する衝撃の加速度の周波数帯域を制御することが可能になり、更に共振周波数を求めることができ、電氣的共振の計測と、機械的な実加速度入力による共振の計測の比較によって、直流加速度センサの特性を明らかにすることができる。



## 請 求 の 範 囲

1. 金属丸棒（１）の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、  
飛翔体（３）を金属丸棒の一端面（２）に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に発生、伝播させ、  
前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射するときに発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ（２３）で検出し、  
前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の歪みを金属丸棒の側面に設けた歪ゲージ（２５）で計測し、  
前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、該直流加速度センサの周波数応答を求めることを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定方法。
2. 金属丸棒（１）の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、  
飛翔体（３）を金属丸棒の一端面（２）に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に発生、伝播させ、  
前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射するときに発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ（２３）で検出し、  
前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動速度を光学測定器（２４）で計測し、  
前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、該直流加速度センサの周波数応答を求めることを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定方法。
3. 金属丸棒（１）の中心軸を重力加速度方向に対して所定角度傾斜させて支持し、  
飛翔体（３）を金属丸棒の一端面（２）に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に発生、伝播させ、  
前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射するときに発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ（２３）で検出し、  
前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の歪み

を金属丸棒の側面に設けた歪ゲージ（２５）で計測し、

前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、重力加速度が該直流加速度センサに影響を与えた該直流加速度センサの周波数応答を求め、

請求の範囲第１項記載の方法で求めた直流加速度センサの周波数応答のデータと前記周波数応答のデータを比較することにより、該直流加速度センサの周波数応答における重力加速度に対する特性を求めることを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定方法。

４． 金属丸棒（１）の中心軸を重力加速度方向に対して所定角度傾斜させて支持し、

飛翔体（３）を金属丸棒の一端面（２）に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に発生、伝播させ、

前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射するときに発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ（２３）で検出し、

前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動速度を光学測定器（２４）で計測し、

前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、重力加速度が該直流加速度センサに影響を与える状況で該直流加速度センサの周波数応答を求め、

請求の範囲第２項記載の方法で求めた直流加速度センサの周波数応答のデータと前記周波数応答のデータを比較することにより、該直流加速度センサの周波数応答における重力加速度に対する特性を求めることを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定方法。

５． 金属丸棒（１）の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、

前記金属丸棒の支持を開放して自由落下状態とし、

前記金属丸棒の支持の開放期間中に飛翔体（３）を金属丸棒の一端面（２）に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に発生、伝播させ、

前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射するときに発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ（２３）で検出し、

前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の歪みを金属丸棒の側面に設けた歪ゲージ（２５）で計測し、

前記計測直後に前記金属丸棒の支持を行い、  
前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、該直流加速度センサの周波数応答を求めることを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定方法。

6. 金属丸棒（１）の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、  
前記金属丸棒の支持を開放して自由落下状態とし、  
前記金属丸棒の支持の開放期間中に飛翔体（３）を金属丸棒の一端面（２）に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に発生、伝播させ、  
前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射するときに発生する加速度を金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ（２３）で検出し、  
前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動を光学測定器（２４）で計測し、  
前記計測直後に前記金属丸棒の支持を行い、  
前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、該直流加速度センサの周波数応答を求めることを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定方法。

7. 金属丸棒（１）の一端面（２）に飛翔体（３）を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスを発生させ、  
前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサ（２３）への入力信号とし、  
時刻の関数になる前記入力信号を直流加速度センサで検出すると共に金属丸棒側面に設けた歪ゲージ（２５）で計測し、  
前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理演算を行い、

前記各信号処理演算を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン－周波数特性、位相－周波数特性、及びピーク感度を測定することを特徴とする請求の範囲第１項、第３項又は第５項のいずれか一項記載の直流加速

度センサの周波数特性測定方法。

8. 金属丸棒（１）の一端面（２）に飛翔体（３）を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサ（２３）への入力信号とし、

時刻の関数になる前記入力信号を直流加速度センサで検出すると共に金属丸棒側面に設けた歪ゲージ（２５）で計測し、

前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理演算を行うと共に、前記歪ゲージの出力信号に対して弾性波理論に基づく誤差補正を行い、

前記各信号処理演算及び誤差補正を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン－周波数特性、位相－周波数特性、及びピーク感度を測定することを特徴とする請求の範囲第１項、第３項又は第５項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定方法。

9. 金属丸棒（１）の一端面（２）に飛翔体（３）を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、

時刻の関数になる前記入力信号を直流加速度センサで検出すると共に直接光学測定器（２４）で計測し、

前記直流加速度センサの出力信号と前記光学測定器の出力信号に対して信号処理演算を行い、

前記各信号処理演算を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン－周波数特性、位相－周波数特性、及びピーク感度を測定することを特徴とする請求の範囲第２項、第４項又は第６項のいずれか一項記載の直流加速

度センサの周波数特性測定方法。

10. 金属丸棒（1）の一端面（2）に飛翔体（3）を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスが発生させ、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（22）で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサ（23）への入力信号とし、

時刻の関数になる前記入力信号を直流加速度センサで検出すると共に金属丸棒側面に設けた歪ゲージ（25）で計測し、

前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理演算を行うと共に、前記歪ゲージの出力信号に対して弾性波理論に基づく誤差補正を行い、

前記歪ゲージにより求めた歪ゲージの動特性に関する補正関数を用いてゲージによる測定結果を補正し、

前記各信号処理演算及び誤差補正並びに測定結果の補正を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン—周波数特性、位相—周波数特性、及びピーク感度を測定することを特徴とする請求の範囲第1項、第3項又は第5項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定方法。

11. 前記金属丸棒側面に設けた歪ゲージは、金属丸棒の端面から異なる距離に設けられた複数の歪ゲージから成ることを特徴とする請求の範囲第7項、第8項又は第10項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定方法。

12. 前記金属丸棒側面に設けた歪ゲージは、金属丸棒の端面から等しい距離の円周上に設けた複数の歪ゲージから成ることを特徴とする請求の範囲第7項、第8項、第10項又は第11項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定方法。

13. 前記金属丸棒の一端面に衝突させる飛翔体（3）は、同心円状の多重の発射管（4、5、6）を備えた発射装置（14）から発射する同心円状の複数の飛翔体（8、10、12）であり、

前記発射装置は、各飛翔体を独立して各々の発射時期を精密に制御して発射す

ることを特徴とする請求の範囲第7項乃至第12項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定方法。

14. 金属丸棒(1)の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持する金属丸棒支持装置(31)と、

飛翔体(3)を金属丸棒の一端面(2)に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させる飛翔体発射装置(14)と、

前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面(22)で反射するときに発生する加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ(23)と、

前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の歪みを計測する金属丸棒の側面に設けた歪ゲージ(25)と、

前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、該直流加速度センサの周波数応答を演算する演算装置とを備えたことを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定装置。

15. 金属丸棒(1)の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持する金属丸棒支持装置(31)と、

飛翔体(3)を金属丸棒の一端面(2)に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させる飛翔体発射装置(14)と、

前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面(22)で反射するときに発生する加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ(23)と、

前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動速度を計測する光学測定器(24)と、

前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、該直流加速度センサの周波数応答を演算する演算装置とを備えたことを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定装置。

16. 金属丸棒(1)の中心軸を重力加速度方向に対して所定角度傾斜させて支持する金属丸棒支持装置(31)と、

飛翔体(3)を金属丸棒の一端面(2)に衝突させて弾性波パルスが金属丸棒内部に伝播させる飛翔体発射装置(14)と、

前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面(22)で反射するときに発生する

加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ（２３）と、

前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の歪みを計測する金属丸棒の側面に設けた歪ゲージ（２５）と、

前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、重力加速度が該直流加速度センサに影響を与えた該直流加速度センサの周波数応答を求め、請求の範囲第１４記項記載の演算装置で演算した直流加速度センサの周波数応答のデータと前記周波数応答のデータを比較することにより、該直流加速度センサの周波数応答における重力加速度に対する特性を演算する演算装置とを備えたことを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定装置。

１７．金属丸棒（１）の中心軸を重力加速度方向に対して所定角度傾斜させて支持する金属丸棒支持装置（３１）と、

飛翔体（３）を金属丸棒の一端面（２）に衝突させて弾性波パルスを金属丸棒内部に発生、伝播させる飛翔体発射装置（１４）と、

前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射するときに発生する加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ（２３）と、

前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動速度を計測する光学測定器（２４）と、

前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、重力加速度が該直流加速度センサに影響を与えた該直流加速度センサの周波数応答を求め、請求の範囲第１５項記載の演算装置で演算した直流加速度センサの周波数応答のデータと前記周波数応答のデータを比較することにより、該直流加速度センサの周波数応答における重力加速度に対する特性を演算する演算装置とを備えたことを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定装置。

１８．金属丸棒（１）の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、一旦前記金属丸棒の支持を開放して自由落下状態とし、その所定時間後に再び支持する金属丸棒支持装置（３１）と、

前記金属丸棒の支持の開放期間中に、飛翔体（３）を金属丸棒の一端面（２）に衝突させて弾性波パルスを金属丸棒内部に発生、伝播させる飛翔体発射装置（１４）と、

前記金属丸棒の支持の開放期間中に、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射するときに発生する加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ（２３）と、

前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の歪みを計測する金属丸棒の側面に設けた歪ゲージ（２５）と、

前記直流加速度センサの信号と前記歪ゲージの信号により、該直流加速度センサの周波数応答を演算する演算装置とを備えたことを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定装置。

１９．金属丸棒（１）の中心軸を重力加速度方向に一致させて支持し、一旦前記金属丸棒の支持を開放して自由落下状態とし、その所定時間後に再び支持する金属丸棒支持装置（３１）と、

前記金属丸棒の支持の開放期間中に、飛翔体（３）を金属丸棒の一端面（２）に衝突させて弾性波パルスを金属丸棒内部に発生、伝播させる飛翔体発射装置と、

前記金属丸棒の支持の開放期間中に、前記弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射するときに発生する加速度を検出する金属丸棒の他端面に設けた直流加速度センサ（２３）と、

前記金属丸棒の他端面で反射するときに発生する加速度による金属丸棒の他端面の運動を計測する光学測定器（２４）と、

前記直流加速度センサの信号と前記光学測定器の信号により、該直流加速度センサの周波数応答を演算する演算装置とを備えたことを特徴とする直流加速度センサの周波数特性測定装置。

２０．金属丸棒（１）の一端面に飛翔体（３）を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスを発生させる飛翔体発射装置（１４）と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面（２２）で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を検出する直流加速度センサ（２３）と、

前記入力信号を検出する金属丸棒側面に設けた歪ゲージ（２５）と、

前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理



演算を行い、前記各信号処理演算を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン—周波数特性、位相—周波数特性、及びピーク感度を測定する演算装置とを備えたことを特徴とする請求の範囲第14項、第16項又は第18項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定装置。

21. 金属丸棒(1)の一端面(2)に飛翔体(3)を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスが発生させる飛翔体発射装置(14)と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面(22)で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を検出する直流加速度センサ(23)と、

前記入力信号を検出する金属丸棒側面に設けた歪ゲージ(25)と、

前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理演算を行うと共に、前記歪ゲージの出力信号に対して弾性波理論に基づく誤差補正を行い、前記各信号処理演算及び誤差補正を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン—周波数特性、位相—周波数特性、及びピーク感度を測定する演算装置とを備えたことを特徴とする請求の範囲第14項、第16項又は第18項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定装置。

22. 金属丸棒(1)の一端面(2)に飛翔体(3)を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスが発生させる飛翔体発射装置(14)と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面(22)で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を検出する直流加速度センサ(23)と、

前記入力信号を直接検出するに光学測定器(24)と、

前記直流加速度センサの出力信号と前記光学測定器の出力信号に対して信号処理演算を行い、前記各信号処理演算を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流

加速度センサの、ゲイン一周波数特性、位相一周波数特性、及びピーク感度を測定する演算装置とを備えたことを特徴とする請求の範囲第15項、第17項または第19項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定装置。

23. 金属丸棒(1)の一端面(2)に飛翔体(3)を衝突させて該金属丸棒内に弾性波パルスが発生させる飛翔体発射装置(14)と、

前記各飛翔体の衝突によって発生した弾性波パルスが前記金属丸棒の他端面(22)で反射したときに生じる端面に垂直な方向の動的変位、速度、加速度のいずれかを該他端面に設けた直流加速度センサへの入力信号とし、時刻の関数になる前記入力信号を検出する直流加速度センサ(23)と、

前記入力信号を検出する金属丸棒側面に設けた歪ゲージ(25)と、

前記直流加速度センサの出力信号と前記歪ゲージの出力信号に対して信号処理演算を行うと共に、前記歪ゲージの出力信号に対して弾性波理論に基づく誤差補正を行い、前記光学測定器により求めた歪ゲージの動特性に関する補正関数を用いてゲージによる測定結果を補正し、前記各信号処理演算及び誤差補正並びに測定結果の補正を行ったデータに基づいて前記直流加速度センサの動的変位検出機能、速度検出機能、加速度検出機能の各機能に関する直流加速度センサの、ゲイン一周波数特性、位相一周波数特性及びピーク感度を測定する演算装置とを備えたことを特徴とする請求の範囲第14項、第16項又は第18項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定装置。

24. 前記金属丸棒側面に設けた歪ゲージは、金属丸棒の端面から異なる距離に設けた複数の歪ゲージから成ることを特徴とする請求の範囲第20項、第21項又は第23項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定装置。

25. 前記金属丸棒側面に設けた歪ゲージは、金属丸棒の端面から等しい距離の円周上に設けた複数の歪ゲージから成ることを特徴とする請求の範囲第20項、第21項、第23項又は第24項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定装置。

26. 前記金属丸棒の一端面に衝突させる飛翔体(3)は、同心円状の多重の発射管(4、5、6)を備えた発射装置(14)から発射する同心円状の複数の飛翔体(8、10、12)であり、

前記発射装置は、各飛翔体を独立して各々の発射時期を精密に制御して発射することを特徴とする請求の範囲第14項乃至第25項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定装置。

27. 前記発射装置において飛翔体を発射する発射管は、飛翔体との接触面に摩擦低減用表面処理を施したことを特徴とする請求の範囲第14項乃至第26項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定装置。

28. 前記直流加速度センサの周波数特性測定装置は、前記直流加速度センサの低ピーク狭周波数帯域衝撃加速度による周波数特性を測定するものであることを特徴とする請求の範囲第14項乃至第27項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定装置。

29. 前記光学測定器はレーザ干渉計であることを含むことを特徴とする請求の範囲第15項、第17項、第19項、第22項又は第28項のいずれか一項記載の直流加速度センサの周波数特性測定装置。

30. 前記金属丸棒端面に金属球を接触させ、前記発射装置は前記多重の発射管から同心円上の複数の飛翔体を、該金属球に対して発射時期を精密に制御して発射させ、金属丸棒内部に弾性波パルスが発生させることを特徴とする請求の範囲第26項記載の加速度センサの周波数特性測定装置。

31. 前記飛翔体が異なる材料の積層構造をもち、該積層構造をもつ飛翔体の衝突により金属丸棒内に発生する弾性波パルスの周波数帯域を制御することを特徴とする請求の範囲第14項乃至第29項のいずれか一項記載の加速度センサの周波数特性測定装置。

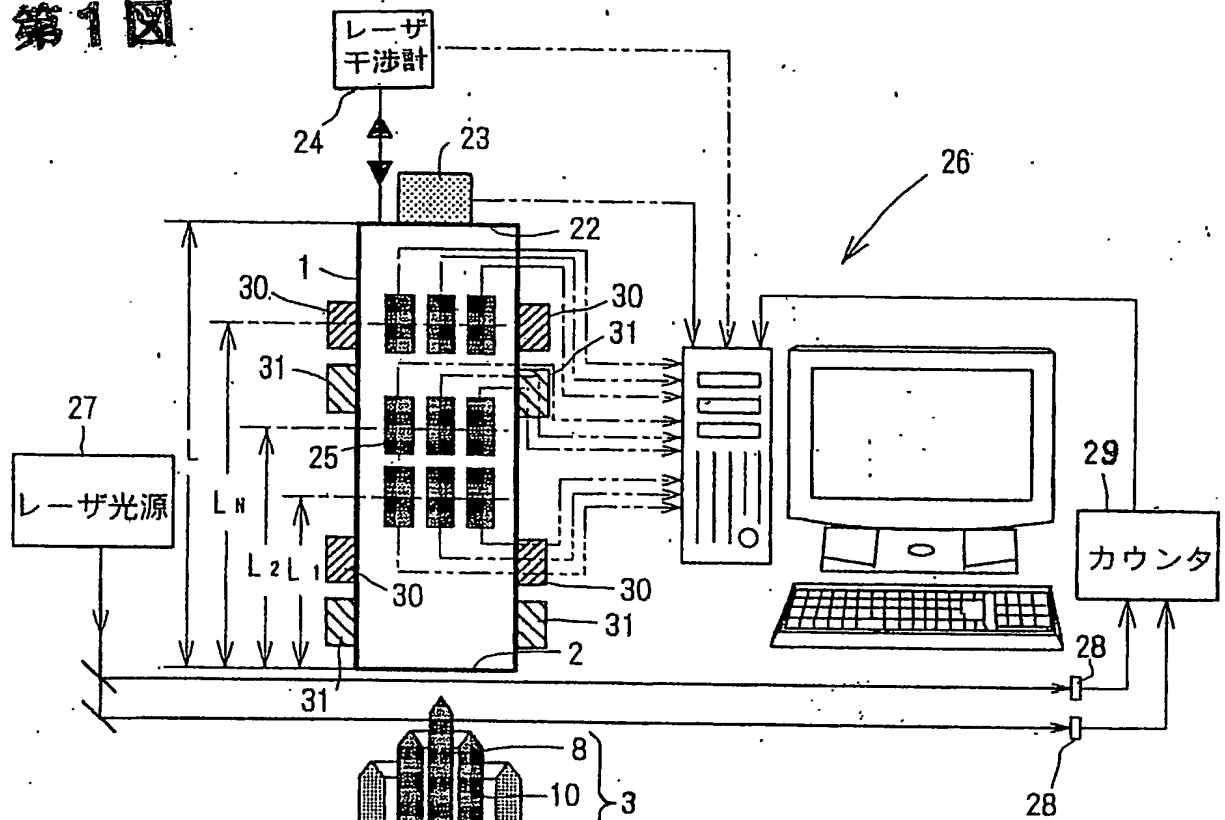
32. 前記金属丸棒中の弾性波伝播の理論によって、歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡歪信号を求める際に、級数に展開されたスカラクの解析解の少なくとも1次の項を用いることを特徴とする請求の範囲第14項乃至第29項のいずれか一項記載の加速度センサの周波数特性測定装置。

33. 前記金属丸棒中の弾性波伝播の理論によって、歪ゲージ出力信号から端面に入射する弾性波パルスの過渡歪信号を求める際に、級数に展開されたスカラクの解析解の高次の項迄を用いることを特徴とする請求の範囲第14項乃至第29項のいずれか一項記載の加速度センサの周波数特性測定装置。

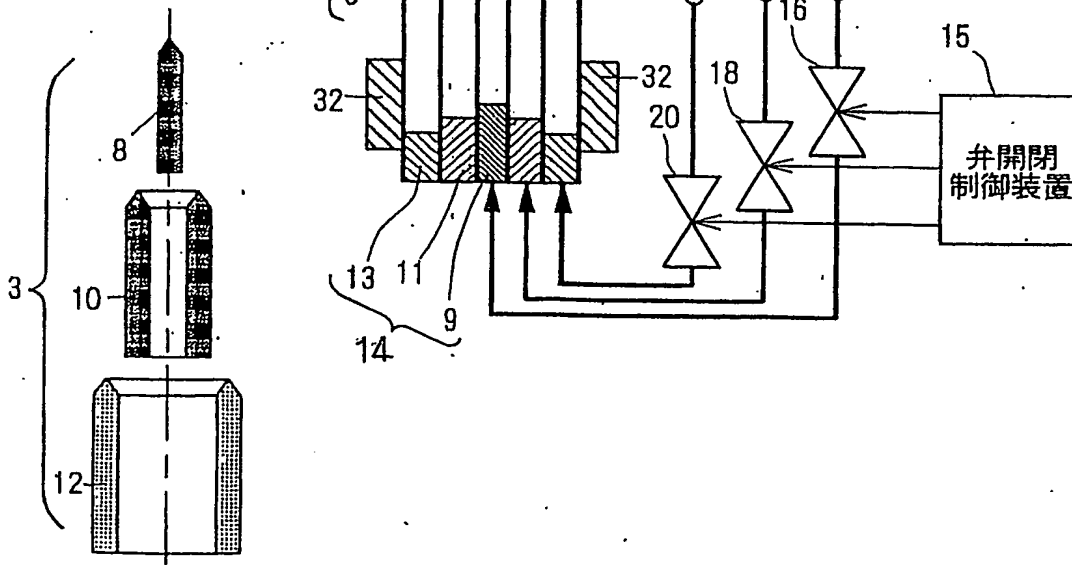
34. 前記発射装置から発射時期を精密に制御して発射される複数の飛翔体により創製される入力加速度波形と周波数帯域によって、直流加速度センサのピーク感度を決定することを特徴とする請求の範囲第14項乃至第29項のいずれか一項記載の加速度センサの周波数特性測定装置。

1 / 1

第1図



第2図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04132

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01P21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01P21/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5000030 A (Agency of Industrial Science & Technology; Ministry of International trade & Industry), 19 March, 1991 (19.03.91), Full text; all drawings	1, 7, 8, 14, 20, 21, 28, 32, 33 2-6, 9-13,
A	Full text; all drawings & JP 3-67175 A & CH 683949 A & DK 76690 A	15-19, 22-27, 29-31, 34
Y	JP 5-273232 A (Toshiba Corp.), 22 October, 1993 (22.10.93), Full text; all drawings	1, 7, 8, 14, 20, 21, 28, 32, 33 2-6, 9-13,
A	Full text; all drawings (Family: none)	15-19, 22-27, 29-31, 34

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
17 June, 2003. (17.06.03)

Date of mailing of the international search report  
01 July, 2003 (01.07.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP03/04132

**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-109165 U (NEC Corp.), 08 November, 1991 (08.11.91), Full text; all drawings (Family: none)	1-34

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01P 21/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01P 21/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 5000030 A(Agency of Industrial Science & Technology; Ministry of International trade & Industry), 1991.03.19 全文、全図	1, 7, 8, 14, 20, 21, 28, 32, 33
A	全文、全図  & JP 3-67175 A & CH 683949 A & DK 76690 A	2-6, 9-13, 15- 19, 22-27, 29- 31, 34

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.06.03

国際調査報告の発送日

01.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

北川 創



2F

9804

電話番号 03-3581-1101 内線 3216



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 5-273232 A(株式会社東芝), 1993. 10. 22 全文、全図	1, 7, 8, 14, 20, 21, 28, 32, 33 2-6, 9-13, 15- 19, 22-27, 29- 31, 34
A	全文、全図  (ファミリーなし)	
A	JP 3-109165 U(日本電気株式会社), 1991. 11. 08 全文、全図 (ファミリーなし)	1-34

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**